chinaXiv:202310.00136v1

基于 6G 网络的元宇宙应用技术研究

郎大鹏[1] 傅文军[2] 孙建国[3]
（1. 哈尔滨工程大学，黑龙江 哈尔滨 150001；2. 浙江移动信息系统集成有限公司，浙江 杭州 310006；
3. 西安电子科技大学杭州研究院，浙江 杭州 311231）

摘要：【目的】元宇宙以其强大的仿真能力为用户带来真实的沉浸式体验。近年来，由于人工智能、区块链技术和数字孪生等技术的快速发展，元宇宙技术逐渐显露出其在产业界、学术界的发展前景。文章旨在探讨基于 6G 网络的元宇宙应用技术研究。【方法】详细介绍元宇宙技术的发展脉络，分析元宇宙在演进过程中的若干关键技术。【结果】通过介绍 6G 网络技术的指标特点和优势，论述 6G 技术对加强元宇宙应用中多源异构数据稳定性、提升传输速度和扩展覆盖范围的重要意义。【结论】文章对 6G 网络环境下元宇宙的发展进行展望，强调在新一轮技术革新下我国基于在 5G 网络布局优势基础上，应加强对元宇宙关键技术的研发。

关键词：元宇宙；6G；沉浸式；虚拟世界；物理世界　　**中图分类号：**G232　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2023）03-023-05　　**DOI：**10.19483/j.cnki.11-4653/n.2023.03.004
本文著录格式：郎大鹏，傅文军，孙建国 . 基于 6G 网络的元宇宙应用技术研究 [J]. 中国传媒科技，2023（03）：23-27.

导语

美国小说《雪崩》中描绘了一种令人向往的 3D 虚拟空间，称作 Metaverse。2021 年以来，由于人工智能和各种虚拟化技术的蓬勃发展，研究者基于 Metaverse 的思想冀望通过模拟仿真技术、虚拟现实技术模拟构建物理空间，即元宇宙。它具有泛链接感知和高度共享特征，形成了最接近真实世界的交互环境。[1] 学者们高度评价了元宇宙技术的发展和未来，认为其核心在于整合先进的数字化技术，对真实物理世界进行建模和推演，构建虚拟身份、设备和虚拟资产，提供更加真实的交互生产环境。[2]

面向 6G 的信息科学基础理论与技术体系融合发展研究中，元宇宙既是理论创新也是应用创新，它将已经成熟应用的技术集成起来构建形成一个完整的虚拟化环境，给使用者提供真实、全方位的交互体验。所采用的基础包括虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、人工智能（AI）、数字孪生（DT）、脑机接口（BCI）和区块链技术（BC）等，形成了群聚效应，大大加快了生产和社交环境的实践进程。[3]2021 年 10 月 Facebook 正式更名 Meta 开启了元宇宙在商业领域的新时代。在元宇宙关键技术快速发展的背景下，技术成熟与应用整合达到可用于大规模生产和商业化的阶段。正如互联网对人类生活的改变，元宇宙对生产生活的渗透将对人类的生活方式、交互方式产生巨大影响。

1. 元宇宙简介

1.1 元宇宙的发展背景

2021 年元宇宙公司“游戏乐高”Roblox 上市，成为世界上最大的多人在线创作虚拟游戏公司；同年，Facebook 改名为 Meta，将公司未来的发展重点确定为元宇宙研发。Facebook 目前已经拥有如 Meta Quest 等一系列 VR 产品，并针对协同工作和多人沉浸式社交展开研究。[4]

元宇宙的“沉浸感”在于将二维的图像和声音扩展到三维空间中，形成完整的感知体验。所有的前瞻性研究都需要基于历史维度进一步完成现实关照。在全球新冠疫情的影响下，用户被动地大量采用线上交互，元宇宙为这一需求提供了“全真式”的技术支撑。产业界积极整合技术和产品，围绕元宇宙打造新技术，微软公司收购暴雪游戏公司、索尼收购 Bungie 游戏公司、英伟达和 Meta 共同推出新一代超算架构“人工智能研究超级集群”。在产业界积极的参与下，元宇宙的发展有着无穷的潜力。

1.2 元宇宙的发展现状

元宇宙的出现不仅带来了技术和应用的发展，也在数据安全和隐私保护方面为研究者和立法者提出了新的挑战。在研究元宇宙技术过程中，参与方包括企业、用户、设备提供等，都需要提供各类关键信息，如身份信息、位置信息、消费信息、银行账号登录关键隐

私数据都比以往更有可能受到非法访问。美国政府针对这一现象提出“元界”的概念，加强对关键信息的保护；韩国政府也大力开展元宇宙的研发，元宇宙交易所交易基金（ETF）吸纳大量创新企业，包括了自动驾驶、人工智能和空间经济等。截至 2021 年年底，元宇宙 ETF 总规模将超过 6 亿美金。[5]

我国对元宇宙也开展了广泛研究与布局试点。2022 年 7 月，上海市发布《上海市培育“元宇宙”新赛道行动方案（2022-2025 年）》。[6] 方案中重点强调在实体经济的基础上，要以“虚实交互”和“以虚强实”作为重点发展路线，通过虚拟现实（VR）和扩展现实（XR）作为重点创新路线建设虚拟数字空间。

2. 6G 网络技术简介

2.1 6G 网络技术的特点与优势

2.1.1 6G 网络的优势

元宇宙的发展离不开高速先进的网络技术，现有 5G 网络在支持元宇宙应用场景下逐渐显露出不足。我国从多个层面提出展开对下一代网络技术的研究。6G 技术在 5G 的基础上充分利用太赫兹频段的通信能力，在多类网络通信通道融合的应用场景下可以支持无蜂窝式网络，在万物互联的时代支持物联网等连接有着不可替代的优势。

第一，基于 6G 技术的网络连接是一种全连接网络，集成了地面无线和卫星通信连接。网络中整合了卫星通信完成全球网络覆盖，不但完善了互联网的连接，也促进网络中设备硬件的连接，提升了 IoT 的发展。

第二，基于 6G 技术的网络其本质和基础是互联网，实现了对设备资产的万物互联。[7] 其特点是在互联网的基础上，使用户的操作、数据和感知延伸到了物和物之间，建立了更加广泛连接的能力。

第三，6G 技术对于支持物联网有着更明显的优势[8]。物联网中包含大量感知设备、传输设备和计算设备，这些设备不但能感知到环境信息（射频识别、红外感应器），还具备全球定位功能、自助扫描和传感信息；通过安装智能感知的感应芯片进行高速运算，进而建立一套新型的一体化网络。

2.1.2 6G 技术的关键指标

无人驾驶、无人机应急通信、沉浸式拓展现实、工业互联网等新兴智能服务依赖于环境多维信息感知和超强算力，在数字身份的构建上，NFT（非同质化通证）艺术平台成为元宇宙特有的同步和仿真平台[8]，都对传输速率、端到端时延、可靠性和功耗等都提出了极高的要求。提升第 6 代移动通信系统（6G）的网络内生智能感知和算力自适应能力。[9] 对传输 3D 数据、高清图像、多源多轨音频数据等具有先天的优势。在支持室内场景中的虚拟现实、虚拟仿真定位等元宇宙应用，6G 网络定位距离远、精度高，可以达到 10 厘米；即使是在室内运动定位、集群协同等场景，精度可达到 1 米。相比较现有的 5G 网络速度提高 10 倍，同时通信延迟为 5G 网络的十分之一，达到了 0.1 毫秒。对于高安全可靠性应用场景，如工业控制、数字孪生的元宇宙仿真应用，6G 网络也有着卓越表现，通信中断率小于百万分之一。

在 5G 通信网络发展如火如荼的同时，6G 网络短时间内不会完全取代 5G 技术的地位。但是鉴于 6G 技术的高并发、高精度、高容错、高电磁频谱段等优势，各国争先开展 6G 技术研发，Wi-Fi 联盟于 2022 年发布了 Wi-Fi CERTIFIED 6 Release2 规范，对于多用户、电源管理等方面进行规范，实现了无线网络通信效率的提升、覆盖范围的扩大和容量的增加。

2.1.3 6G 网络典型设备及场景

5G 网络技术大大提高了个人智能设备的连接和传输速度，在工业场景下也得到了广泛的应用。5G 技术对各类物联网设备提供了有效的支持。通过快速发展的物联网建立了民生、工业、医疗服务领域的多种智能应用，如智慧农业、智慧城市、智慧医疗、智慧法庭，以及越来越受欢迎的沉浸式游戏等。[10]

然而，对一些新兴应用和技术，5G 能支持的频谱越来越有限，6G 技术可以有效地弥补这一不足。在需要更快速度、更大连接数量以及多源设备融合场景下，就需要 6G 技术的支持。典型 6G 网络中的设备包括自动驾驶汽车、Wi-Fi 植入芯片设备 、蜂窝网络设备、位置及天气等公共设备等。

6G 网络由于其全覆盖、高速率、强纠错的特点不断扩展了 5G 在工业控制和商业医疗等领域的设备计算能力。 在工业控制领域中，为了提高现场决策和操作能力，通过全息通信数字孪生等技术全面刻画和传输车间生产环境；通过遥控驾驶、自主机器人等设备，完成生产任务。在不远的将来，6G 技术将广泛应用于 IoST 领域，如无人飞行器和小型近地卫星等场景，形成万物互联全面覆盖的愿景。

IMT2030（6G）推进组于 2021 年发布了《6G 总体愿景与潜在关键技术白皮书》[11]，提出 6G 技术向沉浸化、智慧化、全域化的方向发展，将物理世界与虚拟世界进行深度融合，在沉浸式场景构建、全息通信、智慧交互和感官互联等领域实现新的突破。可以说，

chinaXiv:202310.00136v1

chinaXiv:202310.00136v1

6G 技术的不断升级和新标准制定，为元宇宙的发展提供了通信保障。

2.2 6G 环境下元宇宙典型应用

6G 通信技术在通信连接上满足了元宇宙在构建过程中的技术指标要求。科技企业、工业企业和研究院所积极展开元宇宙技术在典型应用场景中的应用，包括消费类电子行业、在线社交、沉浸式游戏，以及对传统制造业的升级改造。“元宇宙”的概念变化的重要特点是其涵盖性自诞生以来不断增强，且不断产生的新技术持续反哺“元宇宙”的蓝图进行扩张。[12]

2.2.1 影音娱乐

扩展现实（XR）技术是虚拟现实、增强现实和混合现实的集合。在 6G 网络支持下能够实现更加真实和实时地将虚拟场景和物体展示在用户面前；结合全息影像等技术逐步改变了人与人、人与设备的交互方式。通过 3D 建模、高清渲染、动作捕捉设备的数据图像融合技术，可以将图像、声音甚至其他感官通过三维的形式展示出来。

2.2.2 沉浸式社交

传统在线社交方式只能通过屏幕建立端到端的沟通社交方式，形式不外乎文字、视频等。但是，随着元宇宙时代的到来，通过全息成像技术搭建用于社交的虚拟仿真平台。平台取代当前的移动终端设备，可以用身临其境的方式体验会议讨论、在线游戏，形成新的社交形式。目前支持这类社交和游戏的设备包括 Meta、Oculus 等美国和日本公司。

2.2.3 工业制造

元宇宙技术通过整合人工智能技术、融合多源设备数据构造与真实世界接近的虚拟环境，通过数字孪生技术对工业产品生产、设计和制造流程进行仿真，极大地提升了工业制造行业的智慧化和科学化程度。6G 技术不仅在生产环节提升数据流转速度，而且能低延迟、大流量地整合基础应用，为工业企业研发生产和服务市场提供重要支持。

2.3 6G 网络下元宇宙关键技术

2.3.1 6G 网络下元宇宙应用架构

基于 6G 网络环境的元宇宙技术解决了通信链路速度、精确度和容错等方面的一系列问题，元宇宙中诸多关键技术得以迅速发展和整合。这些技术包括：数字孪生技术、区块链技术、VR、AR、MR、脑机接口技术、动作感知技术、AI 和机器人等技术。在元宇宙基础平台、网络环境和顶层应用的封层模型下，6G 技术和元宇宙关键技术的分层模型如图 1 所示。[12]

如图 1 所示，元宇宙基于 6G 网络环境包括硬件基础平台、网络连接层、服务与管理层以及开放对接接口层。硬件基础平台以 5G 网络硬件为基础，主要提供运算和存储资源的硬件支持；网络连接层则进一步扩展 5G 网络的结构，提供各类状态感知和网络连接；服务与管理层对应网络服务中的数据控层控制层以及与用户和安全管控的功能；开放对接层则提供网络模块与元宇宙应用的各类接口，如算力、连接和其他应用接口。

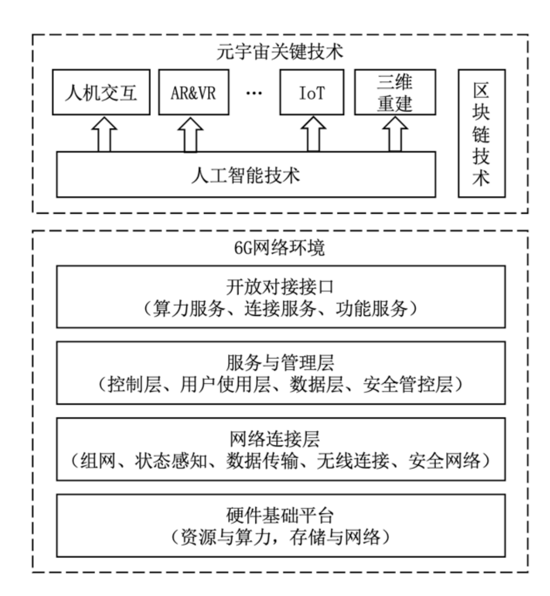


图 1 基于 6G 的元宇宙分层技术架构

2.3.2 6G 网络下元宇宙的关键技术

2.3.2.1 6G 技术与虚拟化技术

6G 技术在商业、工业等领域有着更加广泛的应用。同时，元宇宙技术在虚拟化技术、人工智能技术等一系列技术的基础上，打通了物理世界和虚拟世界之间的界限，构建沉浸式的体验。6G 技术大连接、大数据量传输和存储为元宇宙技术的深入研究和推广，新兴业务的发展提供了支持。

元宇宙中所采用的虚拟化技术主要包括：虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和混合现实（MR）技术，这几项技术合称扩展现实（XR）技术。[4] 通过计算机将真实场景整合起来，创建一个逼真的交互应用环境。其核心功能是通过融合环境、视觉、声音和感官等信息创造虚拟环境与真实环境的切换，形成真实的“沉浸感”。因此“沉浸感”是元宇宙技术最显著的特点之一，具有“沉浸感”的虚拟环境能够更有效更直观地传递信息。

虚拟现实（VR）技术是通过三维构建和交互仿真

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202310.00136v1

技术构建的虚拟仿真环境。近年来，这项技术已经在游戏领域、在线直播等场景中得到应用。虽然微软、Meta 等公司已经陆续推出 VR 设备和应用，但是其局限性在于目前无法满足元宇宙场景下的精确、实时和长时间的交互需求。

增强现实（AR）技术不仅要求模拟真实世界的信息并进行展示，还要根据应用场景和用户需求叠加更具体的具有指向性的虚拟信息。常见的场景是产品演示、AR 建模、场景搭建等，对于多维数据叠加的元宇宙应用还有待进一步研究。

以上技术的叠加和交互是未来元宇宙发展的关键技术。一方面，目前主要的硬件平台还是手机、平板等设备，还缺少相应的承载硬件平台；另一方面，多种技术缺少数据和设备融合的成熟算法与经验，从使用的角度还远未达到可以大规模应用的程度。元宇宙技术的革新和发展，也成为这些关键技术发展的一个方向。

2.3.2.2　脑机接口（BCI）

脑机接口的初衷是将人类大脑中的信息与计算机进行直接连接，从而实现人脑对计算设备的操作。元宇宙的兴起要求参与人员与环境和设备要有更高效的交互手段。现有手段主要通过视频图像和动作感知与设备进行交互，不但效率低，对操作人员的身体素质、环境空间也有较高要求。基于脑机接口的元宇宙应用有更强的“沉浸感”，是更加高效和直接的交互方式。

脑机交互技术不但提高了人与设备的交互效率，也让行动不便、学习能力受限的人群与正常人一样摆脱束缚，充分感受虚拟场景中的真实体验。同时，有研究表明，提出通过脑机接口连接病人与医疗设备，可以加速患者肢体恢复过程。这一技术和思路已经在其他医疗过程中得到了验证并取得良好的效果。

2.3.2.3　人工智能技术

近年来，由于深度学习技术的发展，人工智能技术在自然语言理解、图像处理、视频理解等领域取得了令人瞩目的成绩。许多情况下，人工智能的表现已经接近甚至超过了人类的水平。人工智能技术具备了越来越高的自主学习能力，能够不断从现有数据、案例中学习新的知识。即使没有明确的学习结果，人工智能技术可以通过逻辑推理、模糊逻辑处理的方式获得接近真实场景的分析结果。人工智能的算法也不断优化，随着软硬件集成度越来越高，边缘计算和物联网的发展，能耗也得到了较好的控制。在元宇宙应用场景中，除了对多链接的异构数据的融合处理，人工智能技术也面临着更大的挑战，包括以下两个方面。

元宇宙是对真实物理世界的虚拟化展示。与传统的虚拟应用相比，元宇宙场景中的数据接入设备更多、类型更复杂、数据类型更多样、数据量更大、覆盖范围更广，因此基于大数据分析的人工智能算法，结合深度学习的特点，需要构建基于大数据层面的数据分析算法。

元宇宙应用面临的更严峻的考验是海量异构数据在语义层面的融合。基于大数据的人工智能算法能够对特定领域内容进行深度理解，但是在元宇宙背景下要整合多个场景的数据内容，建立语义一致的虚拟化平台。另外，由于数据本身的多样性和不完整性，算法要根据元宇宙应用场景要求自动生成必要信息，包括虚拟的设备、场景、人物等。这些虚拟信息是提升元宇宙沉浸式体验的关键步骤。

2.3.2.4　动作捕捉与交互技术

动作捕捉技术是用来记录人体关键部位运动速度、轨迹的技术。通过动作捕捉技术将运动物体的信息进行数字化存储，用于后期运算和可视化。该技术第一次大规模呈现是在 2008 年电影《阿凡达》中，虚拟人物能够完美展现演员身体的运动。元宇宙题材电影《头号玩家》则更加清晰直观地演绎出动作捕捉技术、沉浸式体验的空间实现，为用户提供了逼真舒适的用户体验。目前，动作捕捉技术比较成熟但是实现成本较高。元宇宙技术不但在软件层面的融合与理解需要进一步研究，还要在硬件平台的成本和运算性能方面实现突破。

元宇宙为用户提供的沉浸式体验，需要从声音、图像、视频、环境等各方面刺激用户感官。目前已经可以用于商用的技术是 VR、全息投影的图像展示技术；对于不规则独特的实物制造可以通过 3D 打印技术，如零部件、器官、设备等。交互技术在各类支撑性技术的基础上，已经成为创建元宇宙体验的必要条件。

基于以上分析，元宇宙应用的难点在于多应用场景的融合，以及基于脑机接口等高效通信。通过脑机接口有效提升用户与设备的交互方式，基于 6G 技术可以低延迟、高可靠地传输数据。动作感知技术和交互技术是元宇宙虚拟平台的重要连接，提升了沉浸式体感的可能性，元宇宙有望逐步发展成为全人类工作和生活的虚拟世界。

3. 元宇宙面临的机遇与挑战

3.1　脑机接口数据单向传输特性

元宇宙技术从理论和实践两个方面为虚拟化环境和典型应用场景构建提供了新的解决思路。但是在实

chinaXiv:202310.00136v1

践过程中，其采用的关键技术还有大量工作需要完成。目前构建元宇宙原型系统的交互方式主要通过声光等技术，包括 VR 和全息成像。[3] 未来围绕脑机接口将能实现更直接的信息传递。但是，就目前的脑机接口信息交互方式而言，数据依然是单向流动的，如通过思考可以控制光标、图像等，而无法将信息传递回大脑。这种信息单向传递的方式，阻碍了元宇宙中用户与环境、其他设备的高效交互。

3.2　高效自洽的软硬件平台技术

通过先进的软硬件技术构成的虚拟世界，为了能够灵活地扩充新的模块、设备、功能甚至角色，元宇宙必须是自洽的，即都是由符合统一标准的模块和构建构成，保证元宇宙在运行过程中具有足够的灵活性和可扩展性。同时，由于元宇宙自身具有持久性，系统需要持续运行，所有计算和感知不能随意中断。这些特性要求元宇宙的运行需要强大的计算引擎，目前甚至还无法对支持所需算力的硬件规模进行准确的估计。但是可以明确的是，目前现有的硬件平台和计算能力要全面支持元宇宙的功能实现用户的沉浸式体验，还需要产业界和研究界共同努力实现技术突破。

3.3　面向虚拟环境的立法及伦理难题

所有局限性的发展意见通常都是源于整体视角的缺失。元宇宙从技术上是基于互联网的基础上构建的技术场景。互联网不是法外之地，随着元宇宙技术的不断成熟，元宇宙中的行为也需要通过不断完善立法进行约束。比如个人身份信息、位置信息等隐私信息的保护和规范。随着元宇宙技术的完善，人在元宇宙中以虚拟身份完成的工作和任务可能会对真实世界中的人物造成影响。那么对虚拟世界中的非法行为，应当有何种法律依据进行处置。这类问题的解决将大大促进元宇宙技术的发展和应用。

结语

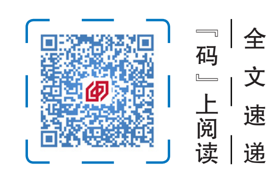
正确处理治理秩序和产业活力之间的关系，是推动经济社会高质量发展的必要条件。元宇宙概念的提出和发展，是对现有技术和软硬件条件的一大考验。元宇宙以超现实的沉浸感受到产业界和学术界的欢迎。元宇宙应用的核心是基于海量数据的人工智能算法的分析，数据来源于各种应用、场景；数据格式包括文本、图像、视频语音、高维数据；数据范围可实现陆海空天的全覆盖。在基于 6G 网络技术的支持下，元宇宙能够以更高的频谱、更快的速率、更低的延迟进行数据传输和同步。6G 技术已经成为连接真实物理世界与虚拟世界的桥梁。将 6G 技术与元宇宙技术紧密结合相互促进，将会大大扩展元宇宙的应用场景，提升产业和用户对元宇宙的接受度，从而激发新一轮的技术创新。

参考文献

[1]于佳宁，何超，元宇宙 [M]. 北京：中信出版社，2021. 11.
[2]贾伟，邢杰 . 元宇宙力 [M]. 北京：中译出版社：2022. 4.
[3]武强，季雪庭，吕琳媛 . 元宇宙中的人工智能技术与应用 [J]. 智能科学与技术学报，2022（3）：325-334.
[4]戴亮 . 认识论视野下的“元宇宙”四个层面 [A]. 北京航空航天大学学报（社会科学版），2022（10）：1-7.
[5]张毅 . 元宇宙各国政策及发展布局 [J]. 宁波经济（财经视点），2022（7）：46-47.
[6]方凌智，沈煌南 . 技术和文明的变迁：元宇宙的概念研究 [J]. 产业经济评论，2022（1）：5-19.
[7]王广生，韩月娇 . 元宇宙的研究现状、热点与前沿 [J]. 上海管理科学，2022（5）：1-6.
[8]郭春宁 . 元宇宙的艺术生成：追溯 NFT 艺术的源头 [J]. 中国美术，2021（4）：14-19.
[9]闫实，彭木根，王文博 . 通信 - 感知 - 计算融合：6G 愿景与关键技术 [J]. 北京邮电大学学报，2021（4）：1-11.
[10]LIPMAN M. Philosophy Goes to School [M]. Philadelphia：Temple University Press，1988.
[11]BAINBRIDCE W S. Online Worlds：convergence of the Real and the Virtual[M]. London：Springer-Verlag，2010.
[12]蒋宇楼，朱毅诚 . 元宇宙的概念和应用场景：研究和市场 [J]. 中国传媒科技，2022（1）：19-23.

作者简介：郎大鹏（1983-），男，黑龙江哈尔滨，教师，哈尔滨工程大学，研究方向为网络与信息安全；傅文军（1988-），男，广西北海，工程师，浙江移动信息系统集成有限公司解决方案高级专家，研究方向为 6G 理论研究和数字化产业实践；孙建国（1981-），男，黑龙江哈尔滨，教授，西安电子科技大学杭州研究院院长助理，研究方向为网络与信息安全。

（责任编辑：李净）



『码』上阅读
全文速递